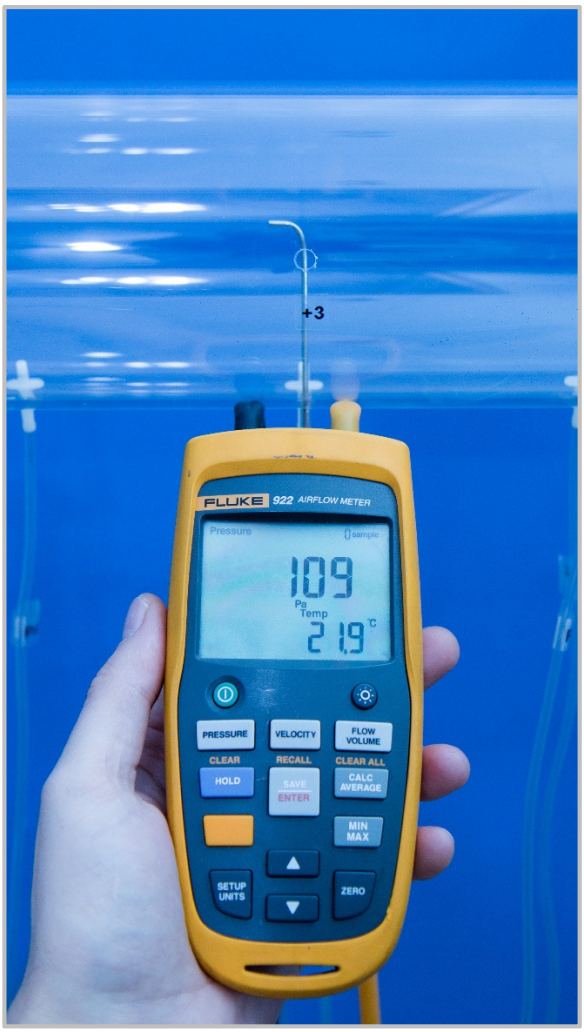
Система оптимизации процесса пуско-наладки вентиляционных систем (ОПС)



Название проекта:	ОПС
Версия:	2.0.
Автор:	Иванцов Дмитрий Борисович.
Дата:	18.03.2016.
Место:	Рига, Латвия.

Оглавление

1. Что такое ОПС? 2
2. Методика измерений. 3
3. Инновации системы ОПС. 4
4. Принципиальные отличия системы ОПС от классических методов 5
5. Платформа, оперативная система для работы ОПС. 8
6. Язык. 9
7. Основная программа. Поток и распределение информации. 9
8. Основная программа. Обработка результатов измерений. 13
9. Вспомогательные программы. 17
10. Датчики. 19
11. Зонды. 20
12. Измерительные приборы. 21
13. Беспроводная передача данных. 23
14. Методики измерений 25
15. Дизайн. 26

1. Что такое ОПС?

ОПС – это система, предназначенная для проведения пуско-наладочных работ, аудитов и мониторинга систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. Система состоит из следующих компонентов:

1.1. Основная рабочая среда – компьютерная программа для ввода, анализа, обработки, расчетов и распределения информации об измерениях. В этой программе происходит работа с чертежами, измерительными приборами, библиотеками базы данных, автоматическое формирование отчетов и т.д. Программа может работать как с беспроводными приборами, так и вместе с классическими приборами. Это отдельный полноценный продукт, рабочий инструмент.

1.2. Вспомогательные программы для мобильных телефонов работающие в связке с беспроводными приборами. Мобильный телефон вместе с беспроводным измерительным датчиком, в целом создают полноценный измерительный прибор, с той лишь разницей, что в отличии от классических приборов, для ввода данных и обработки информации используется личный телефон пользователя. Программы для мобильных телефонов очень простые по своей архитектуре и функциональности, так – как их задача только отобразить результат измерения. Анализ, распределение и сохранение информации производится в основной программе.

1.3. Комплекс из множества различных беспроводных измерительных приборов (давление, температура, влажность, CO_2 и т.д.). Конструкция приборов упрощена, по сути – это датчики с радиопередатчиками. Приборы могут использоваться основной программой, с вспомогательными программами или одновременно с обеими программами вместе.

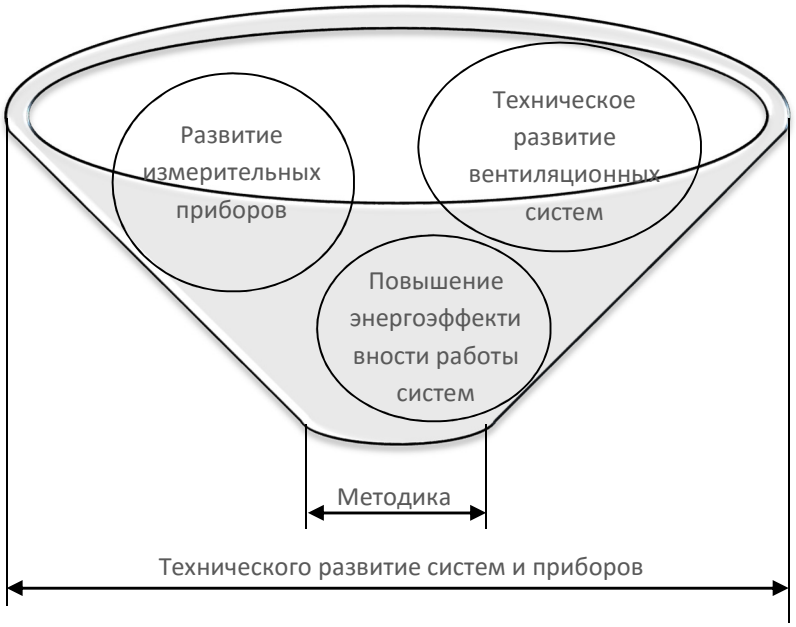
Рис. 1. Принципиальная схема системы ОПС.

Весь комплекс ОПС должен полноценно функционировать без подключения к интернету.

2. Методика измерений.

Системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха (далее по тексту ОВК) является наиболее энергоёмкими компонентами зданий. От качества работы систем зависит здоровье и самочувствие людей, показатели энергоэффективности здания, качество производимой продукции и т.д. Показатели эффективности работы систем ОВК зависит не только от уровня проекта и монтажа, но и от качества проведения пуско-наладочных работ.

С ростом новых технологий, в строительной сфере, удельный вес инженерных систем, по отношению к строительным технологиям, постоянно растет. Инженерные сети и системы автоматики становятся сложнее. Повышаются требования к качеству работы систем, показателям их энергоэффективности. Для наладки и запуска их в эксплуатацию, требуются дополнительные тесты и проверки режимов работы системы. Измерительные приборы стремительно развиваются, однако методы работы с ними остались неизменными с 1940 года[1].



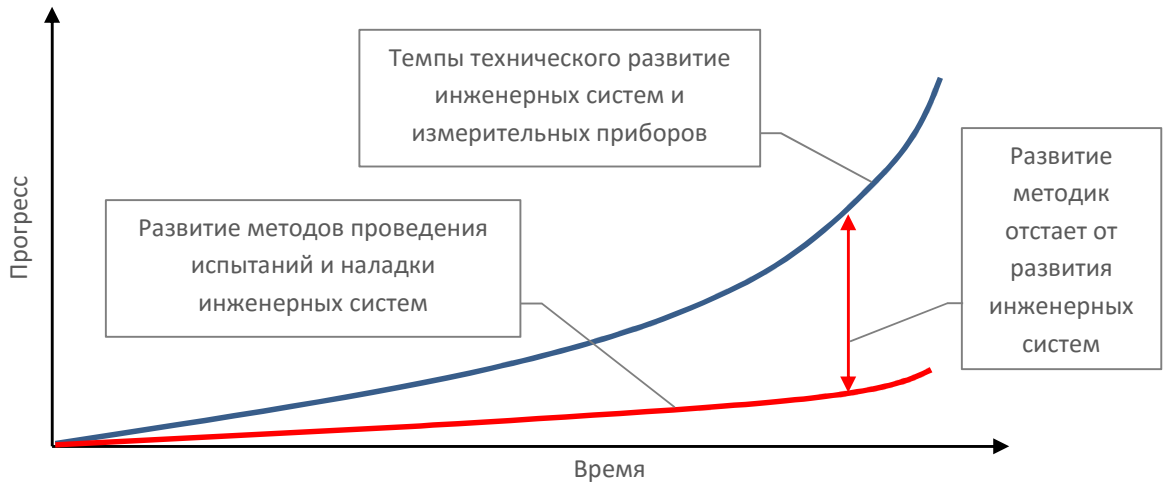


Рис. 2. Развитие инженерных систем и методик испытаний

[1] Б. М. АШЕ и Г. А. Максимов “Отопление и вентиляция”, том II, Стройиздат Наркомстроя 1940 год, 472 стр.

3. Инновации системы ОПС.

Первое и главное отличие касается методики проведения работ. Все существующие методы проведения пуско-наладочных работ, сводятся к схеме: Один человек + Один прибор + Одна точка измерения (далее по тексту 1+1+1). ОПС позволяет работать по схеме: Один человек + Несколько приборов + Несколько точек измерений одновременно (далее по тексту 1+X+Y).

Второе отличие касается технических возможностей системы ОПС. Например, регулировка потоков в системах с переменным расходом. Существующие методики предназначены для систем с постоянным расходом при работе системы в максимальном режиме. При испытании систем с переменным расходом, измерения необходимо производить в нескольких режимах, что при использовании схемы работы 1+1+1 влечет к многократному увеличению затрат труда и времени. Технические решения, применяемые в системе ОПС (метод 1+X+Y) позволяет значительно упростить наладку систем с переменным расходом.

Третий фактор – это работа с документацией. Сбор информации на объекте в бумажном виде, её анализ и обработка занимают много времени за счет переноса информации с чертежей в электронные таблицы отчета. В ОПС, работа с чертежами, ввод результатов измерений, анализ и формирование отчетной документации, формируется в электронном виде, непосредственно на объекте во время провидения измерений. В офисе остаётся только оформить и распечатать отчет.

4. Принципиальные отличия системы ОПС от классических методов

Программа предназначена облегчить работу наладчика на объекте за счет использования аналитических возможностей современной техники. Ниже приведены основные отличия системы ОПС от классических методов.

4.1. Отказ от промежуточного сбора данных, то есть фиксации измерений на бумаге с последующим её переносом в электронный формат (*рис. 3а*). Информация вводится сразу в электронном виде и автоматически распределяется по разделам отчета (*рис. 3б*) (таблицы измерений, карта точек измерений, список несоответствий и т.д.)

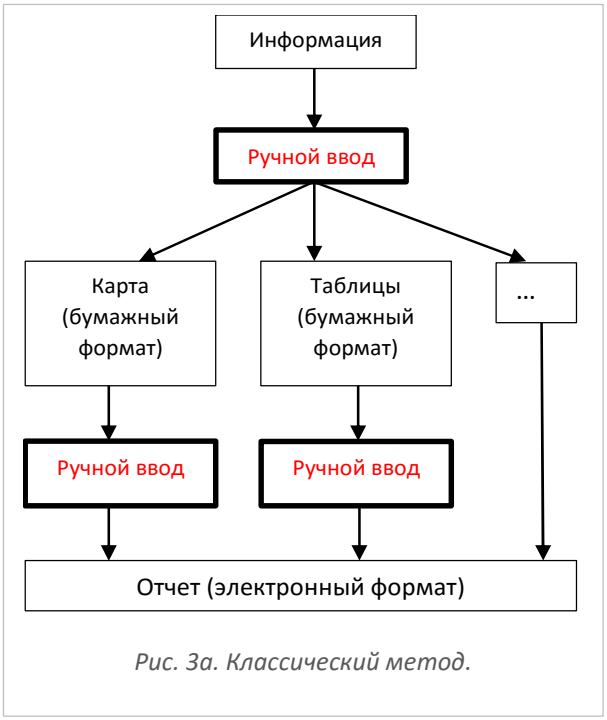


Рис. 3а. Классический метод.

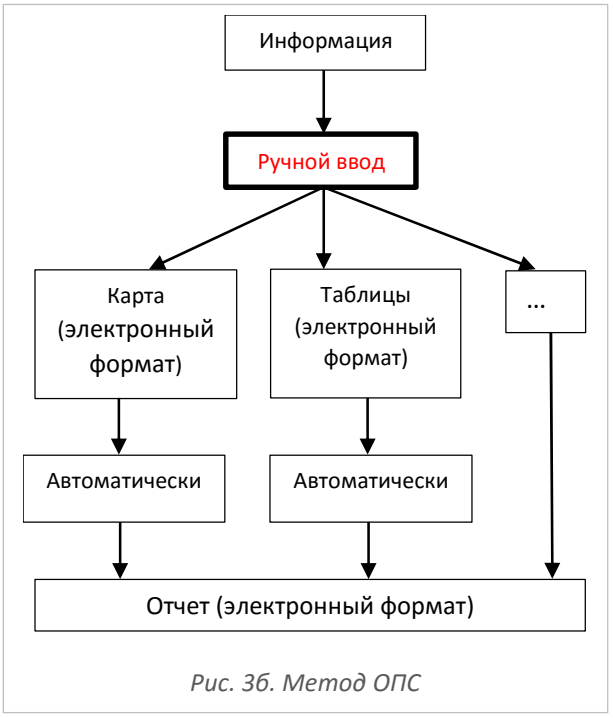


Рис. 3б. Метод ОПС

Каждая точка измерения содержит информацию, которую необходимо отобразить в нескольких частях отчета. Количество точек измерений, в зависимости от размера объекта, может варьироваться от нескольких десятков до тысяч. Учитывая объём, который необходимо обрабатывать инженеру вручную при классическом методе обработки информации, можно предположить какую экономию времени и сил можно получить, используя автоматическую расстановку и распределение данных.

4.2. Разделение измерительного и аналитического блоков приборов.

В классическом методе измерений 1+1+1, каждый прибор, помимо самого датчика измерения оснащен аналитическим модулем, небольшим процессором с программой для обработки прямых измерений. Для того чтобы получить некоторые результаты измерений, необходимо с помощью кнопок управления прибором ввести в него исходные данные. Классическая схема обработки информации показана на рис. 4а.

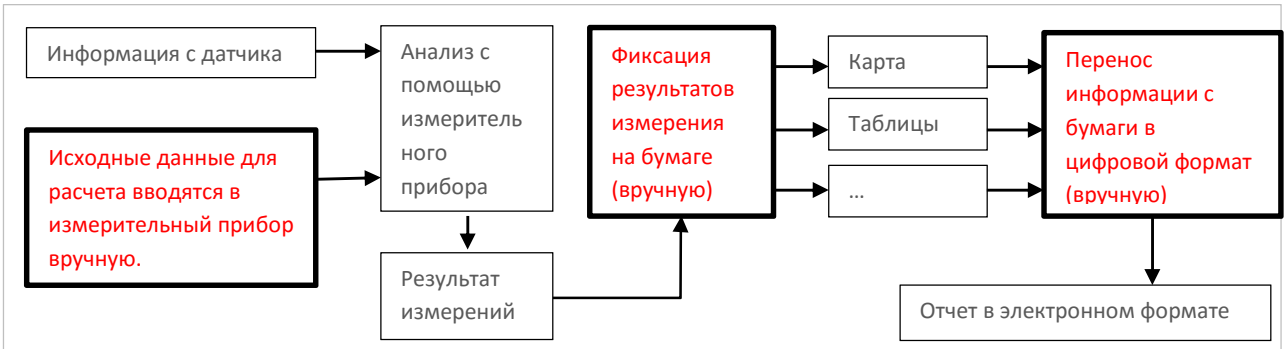


Рис. 4а. Классическая схема обработки информации ОПС

Здесь следует обратить внимание на то, что на начальном этапе, исходная информацию в прибор вводится в электронном формате (с помощью кнопок управления прибором), затем переносится на бумагу, после чего, повторно переводится в электронный формат при составлении отчета.

В концепции ОПС измерительный и аналитический блоки разделены. Процесс анализа информации перенесен из приборов в программу на компьютере. От приборов остается только датчики прямого измерения, оснащённые беспроводной передачей данных па ПК. Анализ и обработка данных производится в программе используя аналитический ресурс компьютера (*рис. 4б*). В результате, конструкция измерительных приборов значительно упрощается (и как следствие снижается их стоимость), а аналитическая мощность обработки информации многократно возрастает.

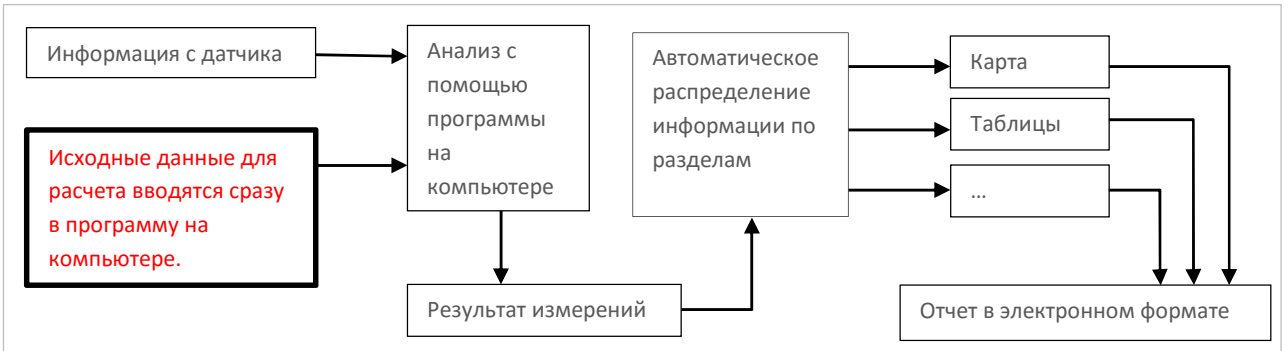


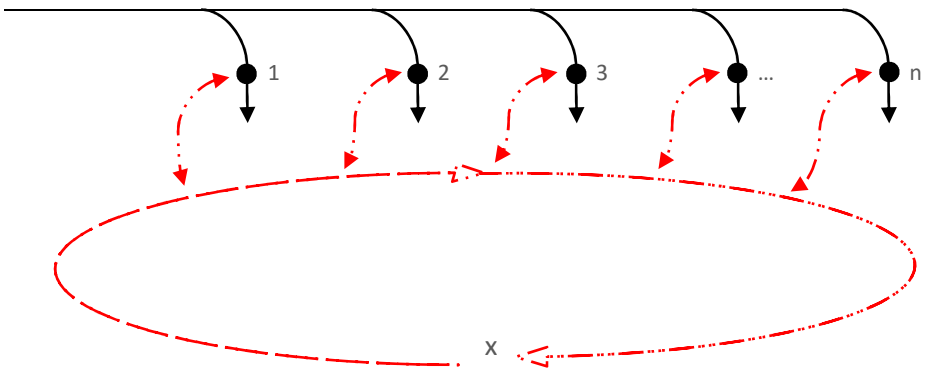
Рис. 4б. Схема обработки информации ОПС

В схеме обработки информации ОПС, процедура переноса информации из электронного формата на бумагу и обратно удалена из процесса. Исходная информация вводится только один раз на начальном этапе и далее автоматически распределяется по соответствующим разделам отчета в электронном формате.

Данную операцию необходимо повторить с каждой точкой измерения. Если на обработку каждой точки, от измерения до отчета, требуется затратить несколько минут, помножить на количество точек, то затраты времени на простую и однообразную процедуру составят большую часть от общих затрат времени.

4.3. Работа с несколькими приборами одновременно.

Один из наиболее распространенных методов наладки является метод последовательного приближения[2]. Этот метод один из наиболее простых, с аналитической точки зрения, и в то же время один из наиболее трудоемких. Принцип метода наладки методом последовательного приближения отображен на рис. 5а.



n – количество точек измерений;

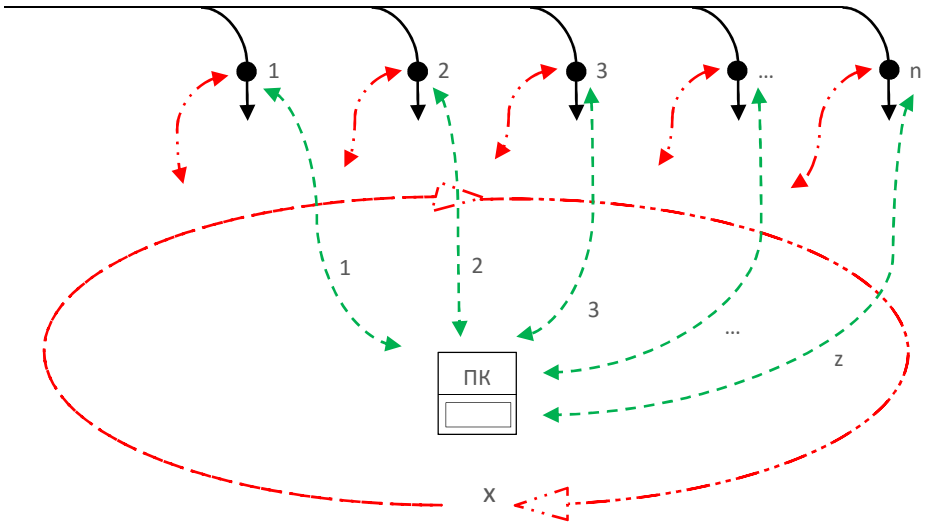
x – количество циклов повторных измерений до достижения необходимого результата.

Общее количество измерений = n * x

Рис. 5а. Классическая схема наладки методом последовательного приближения

Используя классическую методику наладки, один человек, с одним прибором, раз-за разом, последовательно, перемеряет по одной точке, до тех пор, пока не будет достигнут необходимый результат. При этом, количество перемещений инженера вдоль системы с инструментом и лестницей – максимальное, так-как для получения информации необходимо добраться до точки измерения и произвести измерение. Следует упомянуть, что часто, доступ к местам измерений, является достаточно затрудненным.

Схема наладки методом последовательного приближения с системой ОПС.



n – количество точек измерений;

x – количество циклов повторных измерений до достижения необходимого результата.

z – количество отзывов от беспроводных приборов об удовлетворительных параметрах системы.

Общее количество измерений = (n * x) - z

Рис. 5б. Схема наладки методом последовательного приближения ОПС

[2] *Метод последовательного приближения – это когда после регулировки одного участка, перепроверяются и корректируются смежные участки системы. Регулировка и корректировка проводится многократными циклами до достижения допустимых отклонений.*

По сути, схема ОПС является классической, с той лишь разницей, что из общего количества измерений выпадают те, которые уже соответствуют допустимым отклонениям. То есть, установив беспроводные приборы в местах измерений, оператор в прямом эфире получает информацию о том, где и на сколько фактические потоки отклоняются от проектных значений. Исходя из этого, он регулирует участки с максимальным отклонением и не тратит время на перепроверку участков, где отклонения находятся в допустимом диапазоне (на рис. 5б. - величина z).

Добившись удовлетворительного результата, оператор сохраняет информацию со всех датчиков, которая автоматически распределяется по разделам отчета и перемещает приборы на другой участок сети.

Экономия труда и времени наиболее выражена при наладке систем с переменным расходом. Например, если необходимо протестировать систему в максимальном и экономичном режимах. Производя наладку классическим методом, сначала необходимо отрегулировать систему при максимальном расходе, затем перевести её в экономный режим и повторно произвести измерения потоков в системе. Используя метод ОПС, также необходимо отрегулировать систему при максимальной раздаче (с пометкой max), затем, не снимая датчиков, изменить режим работы и просто повторно сохранить информацию (с пометкой эконом.).

5. Платформа, оперативная система для работы ОПС.

Задача:

Добиться максимальной отказоустойчивости при минимальных издержках на разработку и последующую техническую поддержку системы.

Решение:

Разделить основные функции системы от вспомогательных. Основные функции выполняет основная программа. Для облегчения пользования и расширения функциональных возможностей системы ОПС, вспомогательные функции, в максимально упрощённом виде, дублируются в приложениях для мобильных телефонов.

Основная программа пишется для работы только с оперативной системой Windows. Более того, программа, вместе с приборами тестируется на одной, конкретной модели компьютера, который является неотъемлемой частью системы ОПС. Компьютер, должен обладать сенсорным экраном, сменным блоком аккумуляторов, в пыле-, влаго-, ударостойком корпусе. Технические характеристики компьютера должны быть подобранны с резервом вычислительной мощности как минимум +30%, чтобы обеспечивать работу системы в перспективе её развития.

В комплект поставки, вместе с планшетом с уже установленной и протестированной программой, будет входить диск с аналогичной программой для установки на персональный компьютер. Это необходимо для того, чтобы, когда пользователь не находится на объекте, он проводить подготовку или обработку информации используя персональный компьютер в офисе. Синхронизация информации между ПК и планшетом производится аналогичным с Dropbox или другими файлообменными программами методом.

Вспомогательные программы создаются для оперативных систем Android и IOS, возможно и для Windows phone.

В следующих версиях ОПС, в зависимости от концепции развития продукта, уже протестированную программу ОПС будет необходимо адаптировать для оперативных систем Android и IOS.

6. Язык.

Рабочие языки программы в версии 2.0 русский и английский. По мере необходимости, программа будет переводится на другие языки. Для этого необходимо предусмотреть функцию свода всей терминологии в таблицу и обратную загрузку терминов из таблицы в программу.

ОПС		ОПС 2.0.			
Оригинальный текст	**Перевод**	**Перевод**			
Русский	**Английский**	**Немецкий**	**Французский**	**Латышский**	**…**
Поток	Flow				
Приток	Suplay				
Вытяжка	Exhaust				
…	…				

Переводу подлежит весь текст программы, включая вспомогательные и пояснительные окна. Исключение составляют файлы с техническими характеристиками от производителей, загружаемые в базу данных программы в формате PDF.

7. Основная программа. Поток и распределение информации.

Главная задача основной программы - обеспечить удобную, быструю, интуитивно понятную работу пользователя с большим массивом информации с последующей обработкой и сведением её в структурированные формы отчетов.

7.1. Все работы, для которых предназначена программа (наладка, аудит, мониторинг) производятся с уже существующими инженерными системами. Если существует система, значит существует и информация о ней, которую необходимо загрузить в программу. Загрузка, распределение и работа с технической информацией является одним из основообразующих логических блоков программы.

Количество технической информации на каждом объекте может сильно отличатся, от одной принципиальной схемы на одном объекте до целого тома документации на другом. По своему смыслу и содержанию информация делится на несколько групп. В связи с этим, отличается и алгоритмы работ с этими группами.

7.1.1. Первая группа. Чертежи систем в плане, аксонометрические или принципиальные схемы. В отдельную группу они объединены по той причине, что на них отображена информация о трассировке систем, места расположения различных механизмов и устройств, и главное – информация о проектных потоках, которые необходимо достичь в ходе наладки. Больше всего времени инженер работает именно с первой группой информации. Чертежи могут быть разделены по системам, этажам, зонам обслуживания и т.д. На них наносятся точки измерений, количество которых может достигать десятков, а иногда и сотен измерений на одном плане. Как правило, на одном чертеже отображаются несколько различных систем или зон обслуживания, результаты

измерений которых, необходимо свести в различные таблицы, или одна система может обслуживает несколько этажей, что тоже необходимо отслеживать и анализировать. Во избежание путаницы, в каждой точке измерения должна отслеживаться информация как о системе, к которой она относится (для формирования отчета), так и о месте её расположения на чертежах (для облегчения её поиска в плане). В программе, первая группа информации должна быть разделена и четко прослеживаться по двум подгруппам: а) система к которой относится измерение и б) место где оно располагается.

Структура отчета – отдельная, системная (по названию инженерных систем в проекте), точечная.

7.1.2. Вторая группа. Техническая информация агрегатов. Вентиляционное оборудование, фильтры, насосы и т.д. Методика испытания, измерение технических параметров агрегатов, а также алгоритм обработки информации кардинально отличаются от измерения потоков в системе. Результаты испытаний агрегатов сводятся в отдельный раздел отчета. По этим причинам, управление технической информацией агрегатов должно быть вынесено в отдельную логическую группу программы. Если алгоритм обработки информации документов первой группы – точечный, то при работе с документами второй группы – блочный. То есть, каждый элемент агрегата (вентилятор, фильтр, теплообменник, насос и т.д.) это отдельный блок, для испытания которого создается отдельный, стандартный шаблон измерений. Количество и расположение блоков у разных агрегатов может отличаться. От одного вентилятора в простых вытяжных системах, до большого количества блоков у вентиляционной машины с функциями климат контроля (осушения, увлажнения воздуха). Более того, некоторые параметры, такие как расход воздуха, перепада давления, температур, влажности и т.д. являются взаимозависимыми. Доминирующим фактором для информации второй группы является процесс изменения параметров перемещаемой среда в агрегате. Именно вокруг процесса изменения параметров по ходу перемещения среды (очистка, повышение давления, нагрев, осушение, увлажнение и т.д.), от блока к блоку должен выстраиваться логический алгоритм работы программы в разделе «агрегат». Для того, чтобы получить информацию о процессе, блоки оборудования в программе надо выстроить в той же последовательности что и в реально испытуемом агрегате. Блоки могут наноситься как поверх загруженного изображения агрегата, так и бег него. Если изображение отсутствует, то в рабочем окне, блоки отображаются стандартными, схематическими изображениями. Перетаскивая блоки из библиотеки в рабочее окно, необходимо произвести их сцепку, для того что бы программа распознала их как единый, цельный агрегат.

Каждый блок разделен на три логические группы:

a) Тип блока. Из чего он состоит, что в нем находится;
b) Параметры среды до блока;
c) Параметры среды после блока.

Параметры среды после одного блока и перед следующим блоком (по ходу перемещения среды) будут идентичными.

В программе необходимо предусмотреть возможность размещения, нанесения блоков агрегата (одного или нескольких) на чертеж системы или схему из первой группы. При этом, визуальная информация будет располагаться на чертеже, а отчетная занесена в раздел «агрегат»

Структура отчета – отдельная, блочная (по названию оборудования в проекте), расположенная в той же последовательности что и процесс обработки среды.

7.1.3. Третья группа. Библиотека. Техническая информация об отдельных узлах и элемента системы.

Библиотека, это интерактивный технический каталог продукции различных производителей. Это самый большой массив информации из всех групп. Поскольку собрать всю техническую

информацию, которая может понадобится наладчику от всех производителей невозможно, то основная задача программы – обеспечить пользователю удобный функциональный возможности работы с библиотекой.

Библиотека технических данных в контексте программы необходима по нескольким причинам:

a) На больших объектах, как правило установлено большое количество однотипных устройств (воздухораспределителей, регуляторов, радиаторов, кондиционеров и т.д.) что требует ручного ввода большого количества однотипной информации. Создав в библиотеке файл с техническими характеристиками устройства, пользователю остается лишь выбрать параметр из списка, и ввести измеряемое значение, а программа автоматически рассчитывает и заполняет отчет измерений.

b) Получение технической информации для сравнения или анализа.

7.1.4. Четвертая группа. Текстовая часть. Формы отчетов.

Любой отчет начинается с описания ситуации на объекте и о результатах, которые удалось или не удалось достичь в ходе проведенных работ. Отчеты по своему содержанию отличаются, в зависимости от типа работ:

a) Отчет о провидении пуско-наладочных работ.

b) Отчет о провидении обследования систем и оборудования.

7.1.5. Пятая группа. Информация о клиенте, договора, рабочая программа, сметы, графики работ, статистика и т.д.

7.1.6. Шестая группа. Приложения, сертификаты инженеров и измерительного оборудования, фото фиксация и т.д.

Фотографии и документы добавляются в разное время, в разных местах системы, а структурируются в отдельный раздел отчета. Информация приложений делится на два типа:

a) Та, что необходима в каждом отчете. Например, сертификаты инженеров и измерительного оборудования.

b) И та, которая относится только к конкретному объекту или клиенту. Например, фото фиксация.

7.2. Схема потока и распределения информации одной системы.

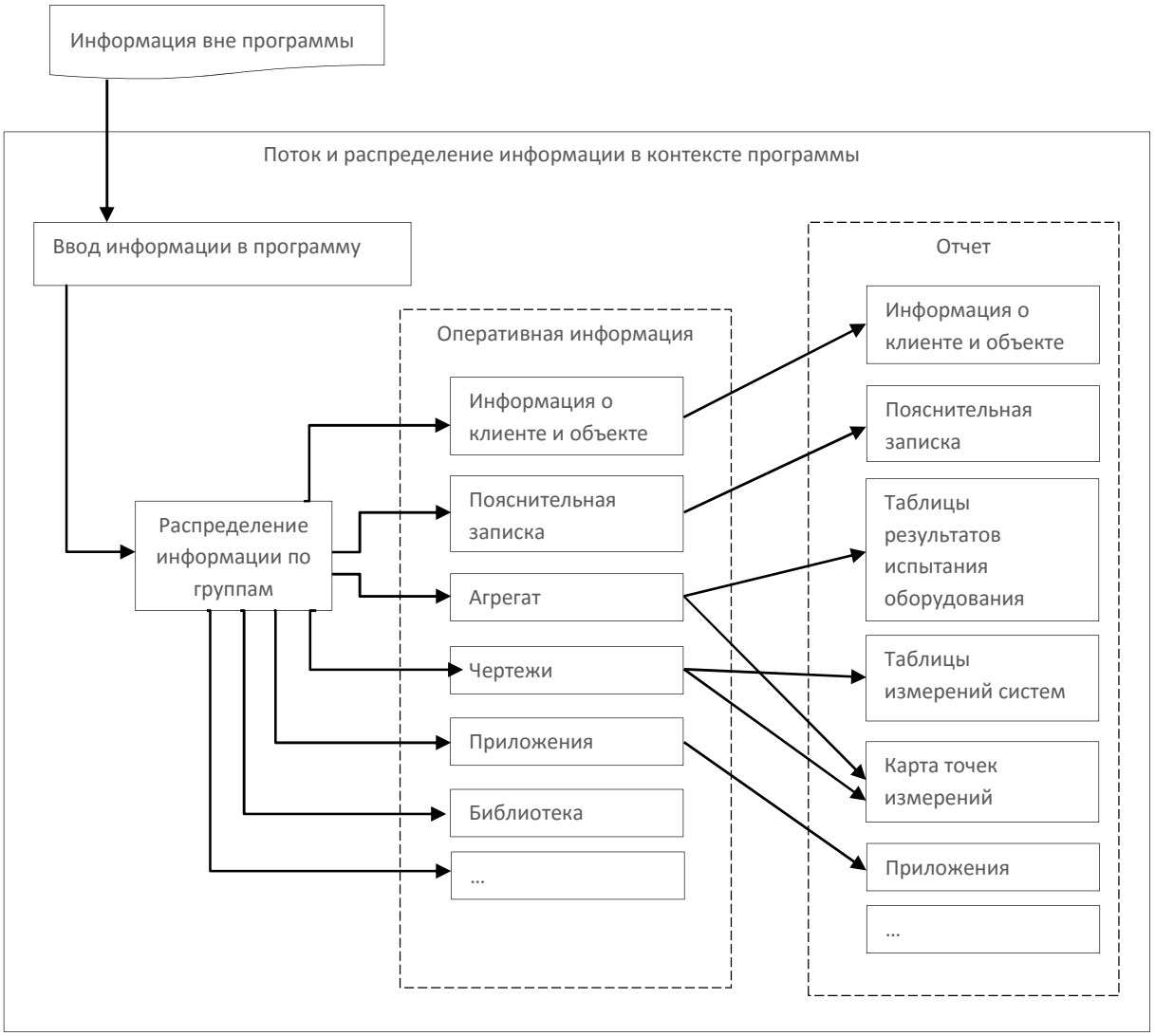


Рис. 6. Схема потока и распределения информации при наладке одной системы

7.3. Основная программа предназначена для работы с системами вентиляции, отопления и кондиционирования. Поскольку исходная информация и методики измерений по каждой системе отличается, то вышеизложенную схему необходимо объединить из трех различных систем. С учетом этого, схема потока и распределения трех различных систем примет следующий вид.

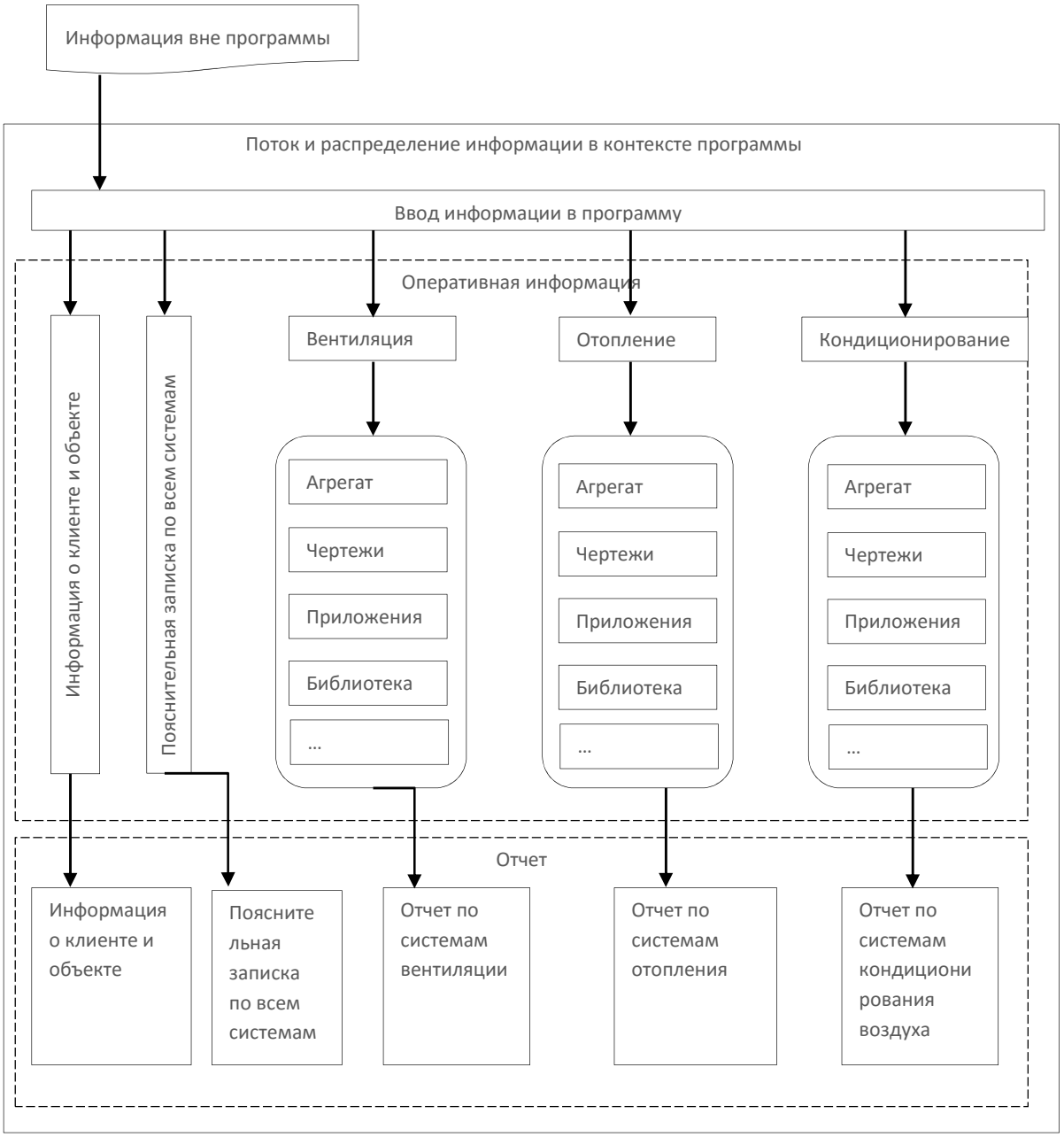


Рис. 7. Схема потока и распределения информации при наладке нескольких систем

8. Основная программа. Обработка результатов измерений.

Основные трудозатраты в наладке инженерных систем, это – проведение и обработка результатов многократных измерений различных параметров среды, которые проводятся с использованием разных приборов по разным методикам. Задача, которую необходимо решить в ходе разработки основной программы – уменьшить трудоемкость измерительного процесса, не ограничивая при этом пользователя в выборе приборов и методик для проведения нужных ему измерений.

8.1. Проанализируем классическую схему проведения измерений и сравним ее с схемой ОПС. Основообразующим ядром любой измерительной системы, вне зависимости от типа прибора и метода работы, является информация, получаемая непосредственно с измерительного элемента

(рис.8.). Поскольку мы работаем в основном с электронными приборами, то измерительным элементом является непосредственно сам датчик.

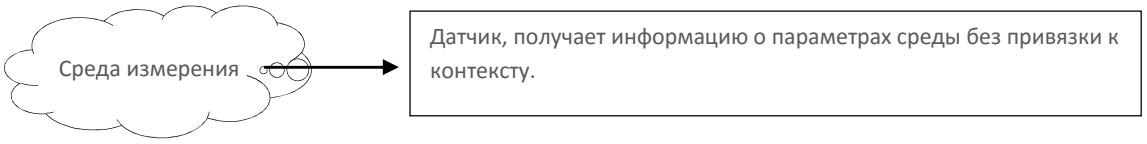


Рис. 8. Общий принцип действия всех приборов

Величина, которую измеряет и передает датчик, не привязана к контексту. Для того, чтобы вычислить результат, нам необходимо математически описать условия, в которых достигаются конкретные показания датчика. Например, датчик дифференциального давления измеряет разницу давлений и для того чтобы рассчитать расход, нам необходимо ввести поперечную площадь трубопровода, к-фактор, температуру и т.д.

8.1.1. Классическая схема проведения и обработки результатов измерений.

На рис. 9а. показан алгоритм обработки одного измерения классическим методом. Ручной ввод исходной информации, перенос ей на бумагу, а затем в цифровой формат занимает очень много времени. К тому же, некоторая информация вводится повторно. Например, размер трубопровода необходимо ввести сначала в прибор используя его кнопки управления (что за частую не очень удобно, так как количество кнопок сведено к минимуму, в результате чего возрастает количество «кликов»), затем, те же данные, повторно ввести в электронную таблицу. Если предположить, что на ввод исходной информации, как минимум необходимо затратить 1 минуту на одну точку измерения (прибор + отчет), то только на ввод исходных данных для 1000 измерений (объект средних размеров) уйдет ≈ 17 часов времени. Как правило, эту механическую и монотонную работу, приходится выполнять самому наладчику, то есть инженеру с достаточно высокой квалификацией. Одним из существенных недостатков данной схемы является то, что общий анализ системы производится только на завершающей стадии работ и за пределами объекта.

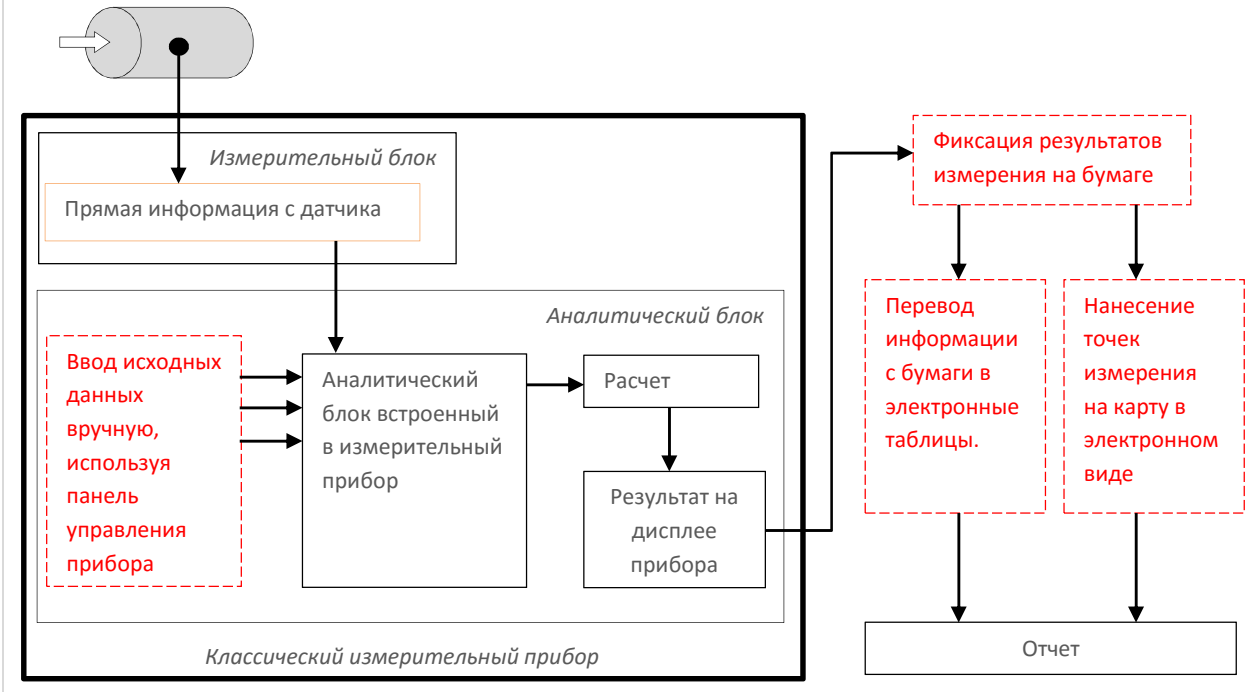


Рис. 9а. Классическая схема проведения и обработки результатов

8.1.2. Схема проведения и обработки результатов измерения ОПС.

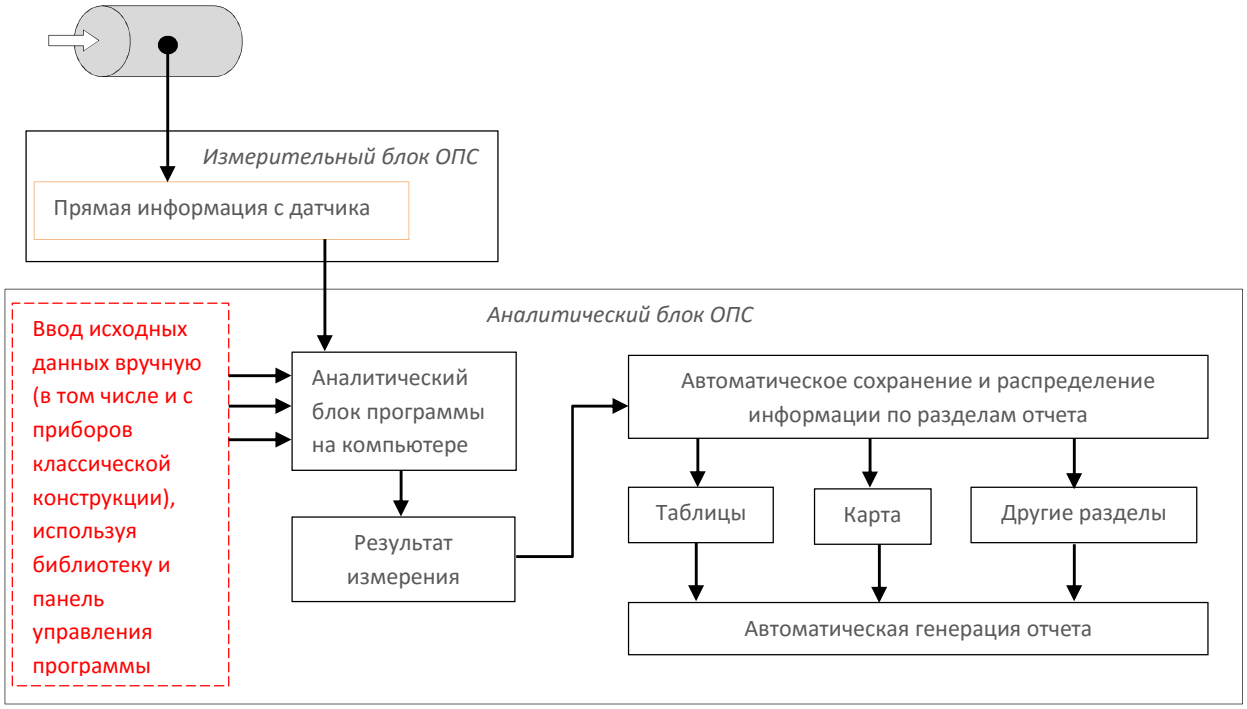


Рис. 9б. Схема проведения и обработки результатов измерения ОПС

Все базовые элементы классической схемы, в схеме ОПС сохранены. Датчики, ввод и обработка данных расположены в той же логической последовательности. Изменился метод сбора и обработки информации.

a) Аналитический блок вынесен из прибора в программу на компьютере. В результате этого, многократно возрастает функциональность и аналитическая мощность обработки информации.

b) Измерительные приборы (без аналитического блока и панели управления) стали значительно проще, а значит и дешевле.

c) Исходные данные вводятся вручную только один раз. Далее, информация автоматически распределяется по разделам отчета.

d) Сохраняется больше информации о параметрах в точке измерения. При переносе информации с цифровой на бумагу и опять в цифровой, с добавлением каждого фиксируемого параметра, объем работы возрастает в разы. По этой причине, в классическом методе, переносится только самая главная информация, например – расход. Вся второстепенная, но важная для анализа информация (например, статическое давление, температура, позиция клапана) не фиксируется.

e) Мгновенный анализ ситуации на объекте. Поскольку аналитический блок ОПС включает в себя обработку, сортировку и анализ всех поступающих в него данных, в любой момент можно обработать эту информацию нужным для инженера образом. Также, становится проще выполнять наладку методом математического анализа. Этот метод требует большого количества вычислений при меньшем количестве реальных измерений.

8.2. Рассмотрим схему проведения и обработку информации при провидении комплексных измерений. При наладке инженерных сетей, необходимо обрабатывать информацию, полученную от множества точек измерений.

8.2.1. Схема комплексных измерений классическим методом.

На рис. 10а., красным цветом обозначены этапы, на которых требуется ручной ввод данных или их обработка. Как видно, аналитический блок классических проборов выполняет лишь малую часть из обработки общей информации. Весь основной массив информации, инженеру, необходимо выполнять вручную. При этом степень функциональности самого прибора никак не влияет на процесс обработки комплексной информации. Следует также отметить, что при каждом новом измерении, в прибор необходимо вводить все исходные данные, даже если измерение производится повторно. Каждое измерение требует нового ввода данных. К том уже, один человек, может производить измерения одним прибором только в одном месте. Схема работы 1+1+1. Существенным недостатком данного метода является и то, что окончательный анализ системы производится только на стадии подготовки отчета к печати. Во время проведения измерений, инженер располагает разрозненной, точечной информацией, которую анализирует по мере своих практических навыков.

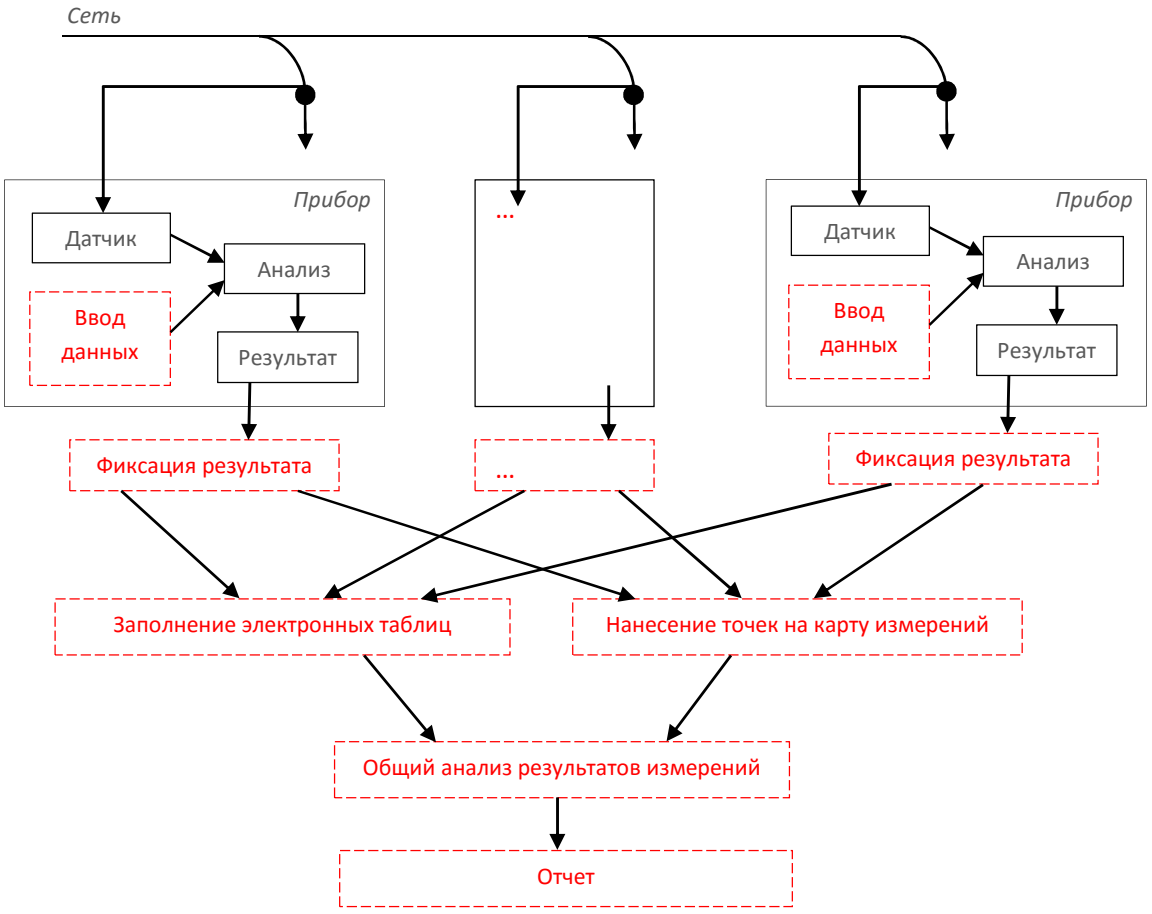


Рис. 10а. Схема комплексных измерений классическим методом.

8.2.2. Схема комплексных измерений методом ОПС.

На рис. 10б. показано, что система ОПС, охватывает весь комплекс работ, от получения информации датчиком, до подготовки отчета. Из этого следует, что, внеся исходную информацию в систему один раз, инженеру больше не надо переносить или копировать её. Распределение и анализ информации производится автоматически. К преимуществам относится и то, что можно получать и обрабатывать информацию, результаты измерений с нескольких датчиков одновременно. Схема работы 1+X+Y. Система ОПС является достаточно унифицированной. Результаты измерений можно получать как от беспроводных датчиков ОПС, так и вводить информацию, полученную с любых других приборов.

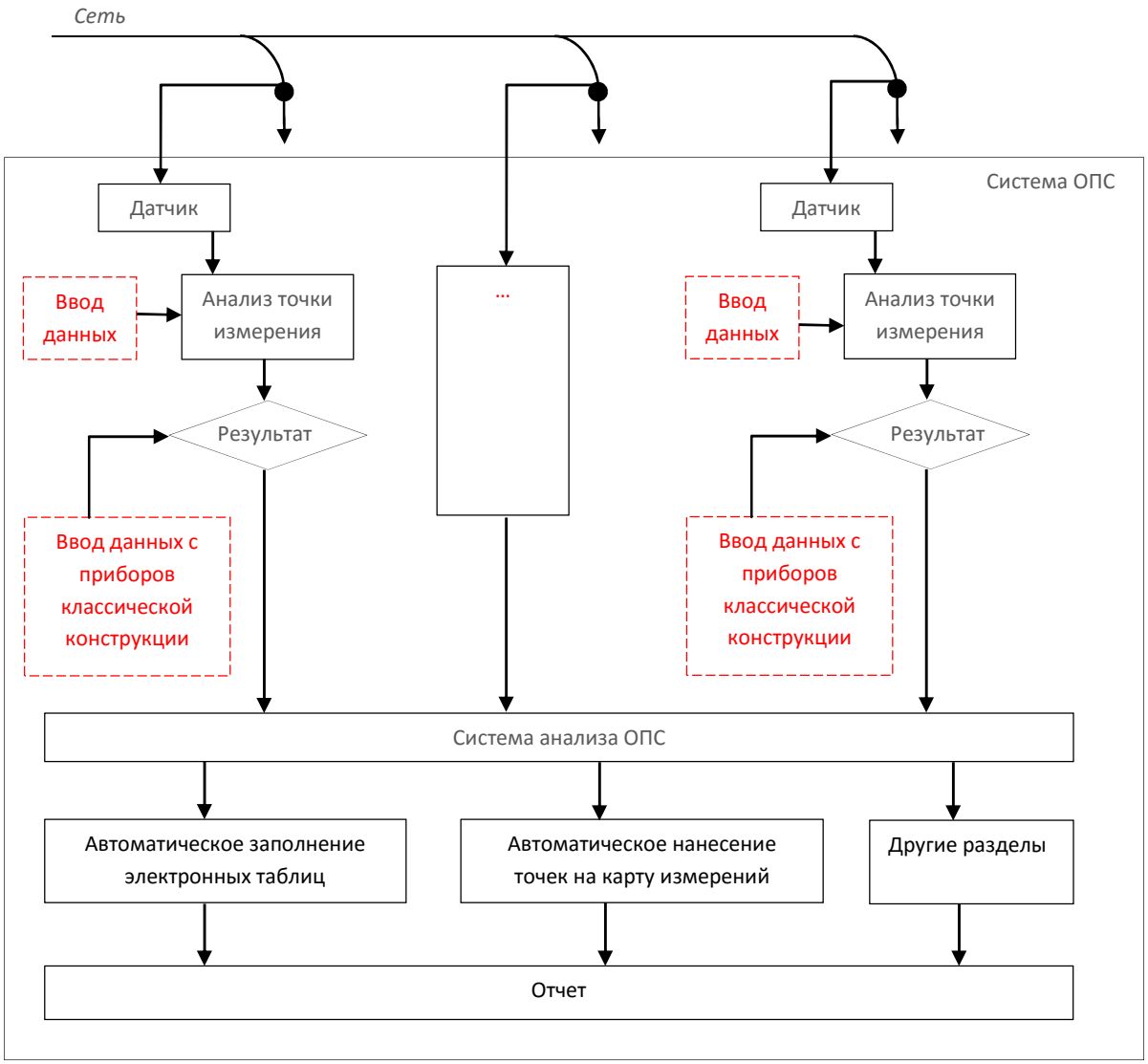


Рис.10б. Схема комплексных измерений методом ОПС.

Схема комплексных измерений методом ОПС.

9. Вспомогательные программы.

Вспомогательные программы для мобильных телефонов, это аналог аналитической части классических измерительных приборов (1+1+1) (рис. 11а.), с той лишь разницей, что в качестве аналитического блока ввода и обработки информации используется смартфон пользователя (рис. 11.б.).

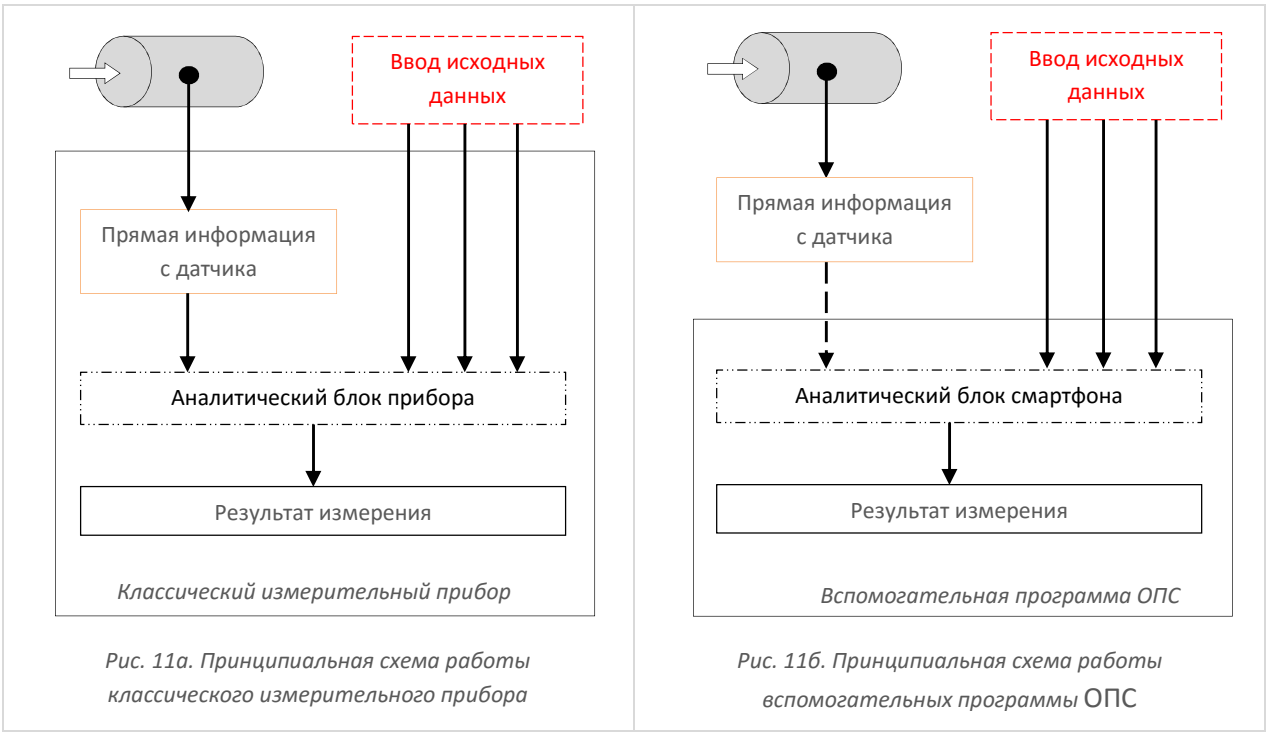


Рис. 11а. Принципиальная схема работы классического измерительного прибора

Рис. 11б. Принципиальная схема работы вспомогательных программы ОПС

Вспомогательные программы создаются для оперативных систем смартфонов Android и IOS.

Задача вспомогательной программы – обработать информацию одного конкретного измерения, без её сохранения, обобщения и т.д., по принципу классических измерительных приборов. Отличие заключается лишь в том, что измерительный датчик вынесен за приделы прибора и аналитический блок смартфона совместим с множеством различных датчиков.

Принцип действия вспомогательных программ показанн на рис. 4а, и 9а.

Использование вспомогательных программ, позволяют значительно ускорить и облегчить работу звена наладчиков. Например, когда измерительные датчики расположены на разных этажах, то несколько инженеров могут точечно производить регулировку системы используя только свои смартфоны, при этом анализ системы в целом производится основной программой параллельно (рис. 12).

Датчик, вместе с смартфоном пользователя является полноценным измерительным прибором что является преимуществом с точки зрения функциональности системы ОПС.

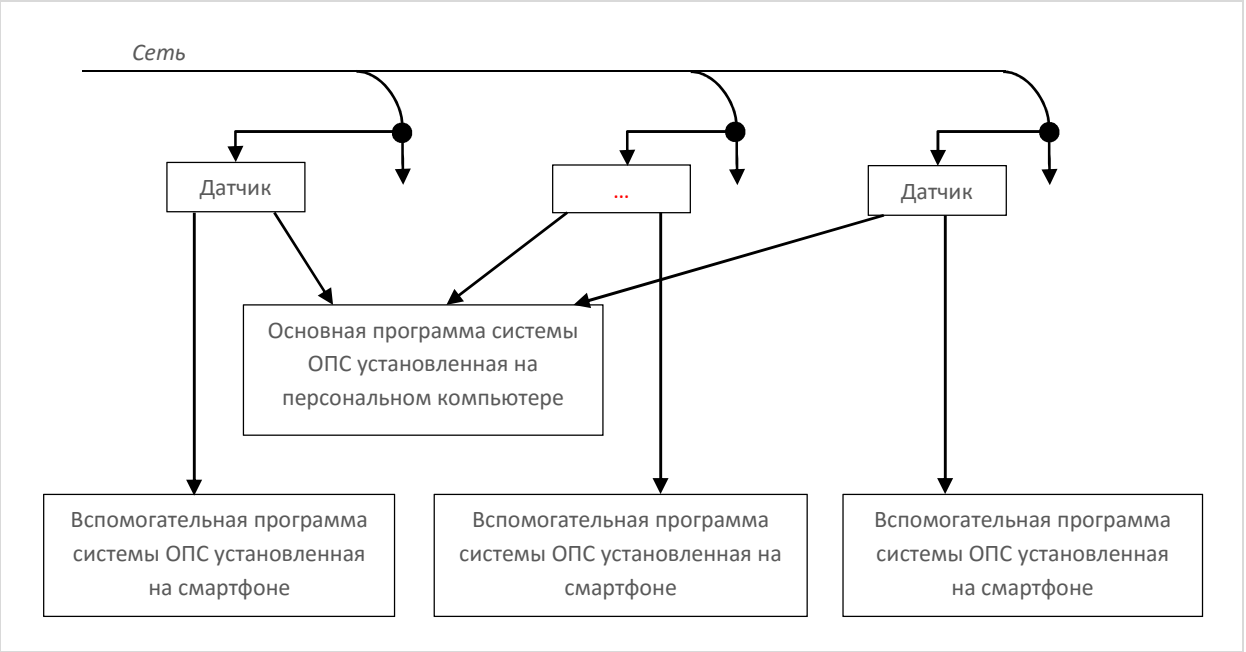


Рис. 12. Схема взаимодействия основной и вспомогательных программ при комплексных измерениях.

10. Датчики.

Основным параметром измерения расходов газов и жидкости – является давление. Измерение давления осуществляется при помощи манометров. К качеству манометров и точности их измерения выдвигаются самые высокие требования. Необходимо выбрать лучшее из того, что на сегодняшний день существует на рынке приборостроения. От работы манометров зависит качество работы всей системы ОПС как измерительного инструмента. При выборе поставщика манометров, единственным и главным критерием является только качество и точность датчика. Цена датчика, не в коей мере не должна влиять на выбор его производителя. Для снижения себестоимости системы ОПС разработан целый ряд технических решений. Экономить на манометрах недопустимо ни при каких обстоятельствах и ни при каких условиях.

Требования к вспомогательным измерительным приборам (температура, влажность, CO_2 и т.д.) не такие жесткие и должны соответствовать уровню профессиональной измерительной техники.

Питательные элементы должны быть стандартного исполнения с возможностью перезарядки и/или «горячей» замены элементов. Время непрерывной работы без подзарядки – не меньше 48 часов.

Перечень и технические характеристики датчиков.

№	Датчики	Единицы измерения	Диапазон измерения	Точность	Разрешение	Количество	Примечания
1	Манометр дифференциального давления	Па	±500	±0,5 %	0,1	10	Вентиляция
2	Манометр дифференциального давления	Па	±5000	±0,5 %	1	10	
3	Манометр дифференциального давления	Па	±10000	±1÷2 %	1	2	
4	Манометр дифференциального давления	кПа	0-100	±1,0 кПа	0,01	10	Гидравлика
5	Термометр (термопара)	°C	-20 +120	±0,4 °C	0,1	10	Вентиляция
6	Термометр (термопара в металлическом кожухе)	°C	-50 +300	±0,4 °C	0,1	10	Вентиляция, гидравлика
7	Термогигрометр	%HR	0-100	±0,5%HR	0,1	10	Вентиляция
		°C	-20 +120	±0,4 °C	0,1		
8	Термоанемометр	м/сек	0,05-10	±1 %	0,01	2	Вентиляция
9	CO_2	ppm	0-6000	±3 %	1	5	Вентиляция

11. Зонды.

Для проведения измерений, датчики, необходимо оснастить измерительными зондами.

Перечень зондов.

№	Датчик	Зонд	Размер	Количество	Примечания
1	Манометр дифференциального давления с температурной коррекцией (термопара)	Трубка Пито[3]	100 мм	10	Вентиляция
2			300 мм	5	
3			500 мм	5	
4			700 мм	2	
5		Трубки съема статического давления (изогнутая, для к-фактора)		10	
6		Анемометр дифференциального давления	Ø 100 мм	2	
7		Конус для анемометра Ø 100 мм	200x200мм	2	
8		Анемометр дифференциального давления	Ø 125 мм	2	
9		Конус для анемометра Ø 125 мм	350x350мм	2	
10		Анемометр дифференциального давления	Ø 200 мм	2	
11		Конус для анемометра Ø 200 мм	700x700мм	2	
12		Насадок с мешком из воздухонепроницаемого текстиля Ø500 длиной 1 и 2 метра.		1	
13		Насадок с мешком из воздухонепроницаемого текстиля Ø800 мм длиной 1 и 2 метра.		1	
14	Манометр дифференциального давления	Подключения к балансирам различных производителей	TA	10	Гидравлика
15			Herz	10	
16			Danfoss	10	
17	Термометр	Зонд для измерения температуры воздуха и жидкости в оболочке из нержавеющей стали	150 мм	10	Вентиляция, гидравлика
18			400 мм	2	
19	Термогигрометр	Зонд для измерения температуры и влажности воздуха в пластмассовом корпусе	Ø 10 мм, длина 150 мм	10	Вентиляция
20	Термоанемометр	Зонд термоанемометра	250-700мм	2	Вентиляция

[3] Трубка пито (комбинированный приемник) смотреть пункт 8.7.3 «НОСТРОЙ 2.15.3-2011»

На анемометры эквалайзеры и направляющие потока.

Трубки пито с магнитными держателями.

12. Измерительные приборы.

В каждый прибор измерения дифференциального давления воздуха встроены два дифманометра с разным диапазоном измерения (рис. 13.). Дифманометры для измерения давления жидкости оборудованы одним манометром. Это вызвано тем, что гидравлические системы имеют замкнутый контур, а системы вентиляции разомкнуты.

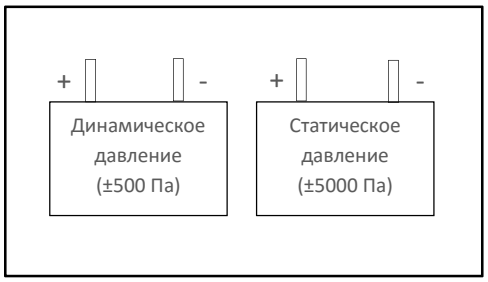
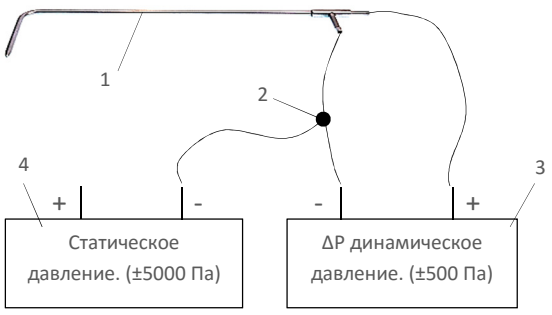


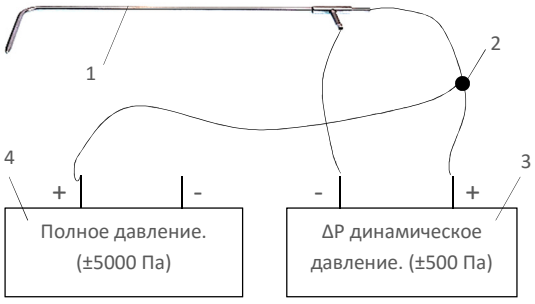
Рис. 13. Спаренный дифманометр ОПС *для измерения давления воздуха.*

При провидении измерений, манометры подключаются параллельно что позволяет (без переподключений приемников давления) одномоментно видеть все основные параметры, динамического, статического и полного давление.

Схемы подключения различных зондов к манометрам дифференциального давления.



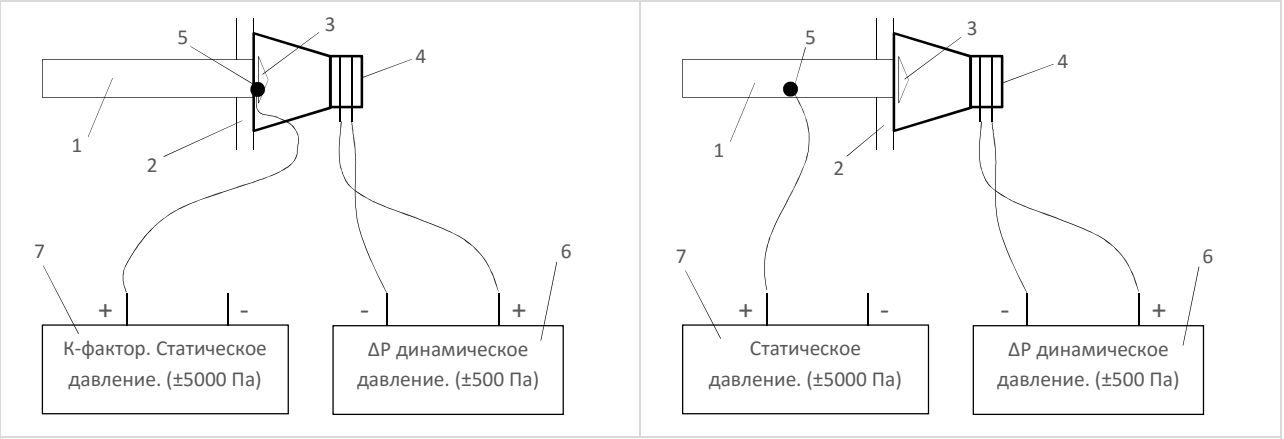
Полное давление = Статическое + Динамическое



Статическое давление = Полное - Динамическое

1-трубка Пито, 2- трайник, 3- дифманометр ±500 Па, *4- дифманометр* ±5000 Па,

Рис. 14. Схемы подключения трубок Пито



1-воздуховод, 2- стена или потолок, 3-воздухораспределитель, 4-дифанемометр, 5-приемник статического давления, 6- дифманометр ±500 Па, *7- дифманометр* ±5000 Па,

Рис. 14. Схемы подключения дифанемометров

Применение двух дифманометров в одном приборе продиктована следующими причинами:

a) Один прибор – три параметра давления.

Один дифманометр – один параметр давления (например, динамическое). Для получения другого параметра, например, статического или полного давления необходимо переподключить трубки приема давления. С двух дифманометров можно получить и обработать информацию всех трех давлений одновременно без преподключения трубок приема давления.

b) Наладка по схеме 1+X+Y.

Поскольку один оператор обслуживает несколько приборов одновременно, то переподключение трубок у приборов с одним дифманометром недопустимо, так как это резко снижает эффективность работы и значительно ухудшает те преимущества, которые дает использование беспроводных приборов. Установив прибор, оператор должен получить всю необходимую информацию.

c) Точность измерений.

Чем меньше диапазон измерения, тем выше точность и в то же самое время, низкий диапазон, резко уменьшает сферу применения прибора. Использование дифманометра ±5000 Па позволяет перекрывать большой (практический весь) диапазон измерений по статическому или полному давлению, а дифманометр ±500 Па позволяет с высокой точностью измерять скорость движения воздуха до 30 м/сек (при нормальных скоростях в воздуховодах 3-6 м/сек).

d) Компенсация сопротивления насадки дифанемометра.

Использование насадок, конусов с любыми анемометрами создают добавочное сопротивление к сопротивлению воздухораспределителя. В некоторых случаях (при высоком давлении и небольшом расходе) эта величина не значительная и ею можно пренебречь, а в некоторых случаях (при низком давлении и большом расходе) – сопротивление насадка настолько сильно уменьшает расход воздух, что её применение становится не допустимо.

Использование двух дифманометров позволяет определить и откорректировать результаты измерений. Появляется возможность быстро и просто сравнить результаты измерений проведенный к-фактором и дифанемометром. Смотреть раздел методик.

13. Беспроводная передача данных.

Все приборы оснащены устройствами беспроводной передачи данных. Объекты, на которых происходит наладка, могут отличаться по своим размерам и формам. Это может быть небольшой частный дом, небоскрёб или производство - занимающее несколько гектар площади. Наладчик, никогда не работает на одном месте, он постоянно перемещается по объекту. Необходимо разработать такой принцип передачи данных, чтобы в независимости от перемещений наладчика по объекту, он имел бесперебойную и стабильную связь с приборами. Качество связи, является одним из ключевых звеньев системы, таким же важным, как и точность измерительных приборов. Чем меньше будет диапазон или функциональность беспроводной передачи данных, тем менее интересным и конкурентоспособным будет весь комплекс ОПС. Разрабатывая технические решения связи, следует ясно осознавать, что от её качества зависит качество всей системы в целом.

Беспроводная передача данных производится между тремя устройствами.

Измерительные приборы.	Компьютер (Windows) с основной программой.	Смартфон (IOS и Android) с вспомогательными программами.
Излучатели и ретрансляторы сигналов.	Приемник всех сигналов одновременно.	Прием сигнала с одного прибора.

Рис. 15. Основные компоненты системы ОПС.

Измерительные приборы.

Для осуществления вышеизложенных требований, каждый отдельный прибор должен работать как излучатель, так и ретранслятор сигнала соседних приборов. Переключение между режимами трансляции и ретрансляции должна происходить автоматически и обеспечивать следующие функции:

а) Прием всех сигналов в режиме прямой трансляции (рис. 16). Данный режим подходит для небольших объектов, когда сигнал каждого отдельный прибор перекрывает весь объект целиком. В таком случае, где-бы не находился инженер с компьютером, он всегда получает информацию с приборов.

Для получения информации с датчика на смартфон, необходимо зайти в зону действия сигнала от нужного датчика. Если телефон принимает несколько сигналов одновременно, то инженер выбирает нужный ему прибор вручную (так-же как сети WiFi).

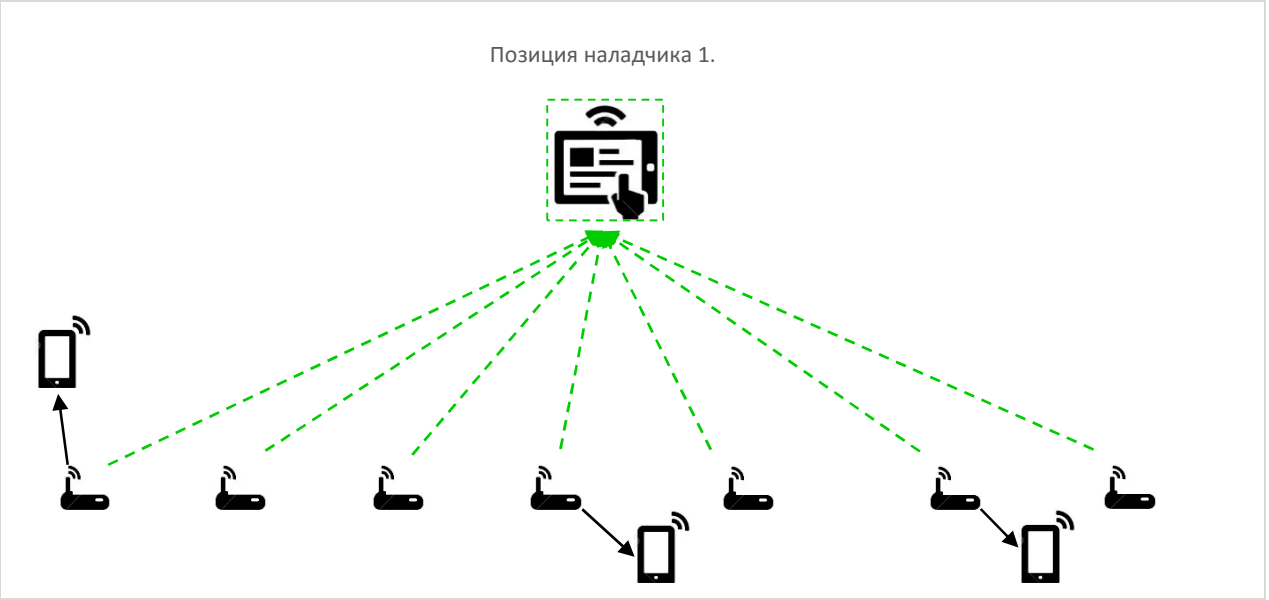


Рис. 16. Прием всех сигналов в режиме прямой трансляции.

b) Прием сигналов в режиме прямой трансляции и ретрансляции (рис. 17). Данный режим работы предусмотрен для работы на больших объектах, когда на пути сигнала есть препятствия (например, бетонные перекрытия) и/или мощности сигнала недостаточно для прямой связи с приемником. Полагаю, что это будет наиболее часто используемый режим работы.

Если наладчик переместился с позиции 1 в позицию 2 и прямой сигнал между некоторыми датчиками теряется, они переходят в режим ретрансляции и передают сигнал друг через друга.

Работа с телефоном производится аналогично.

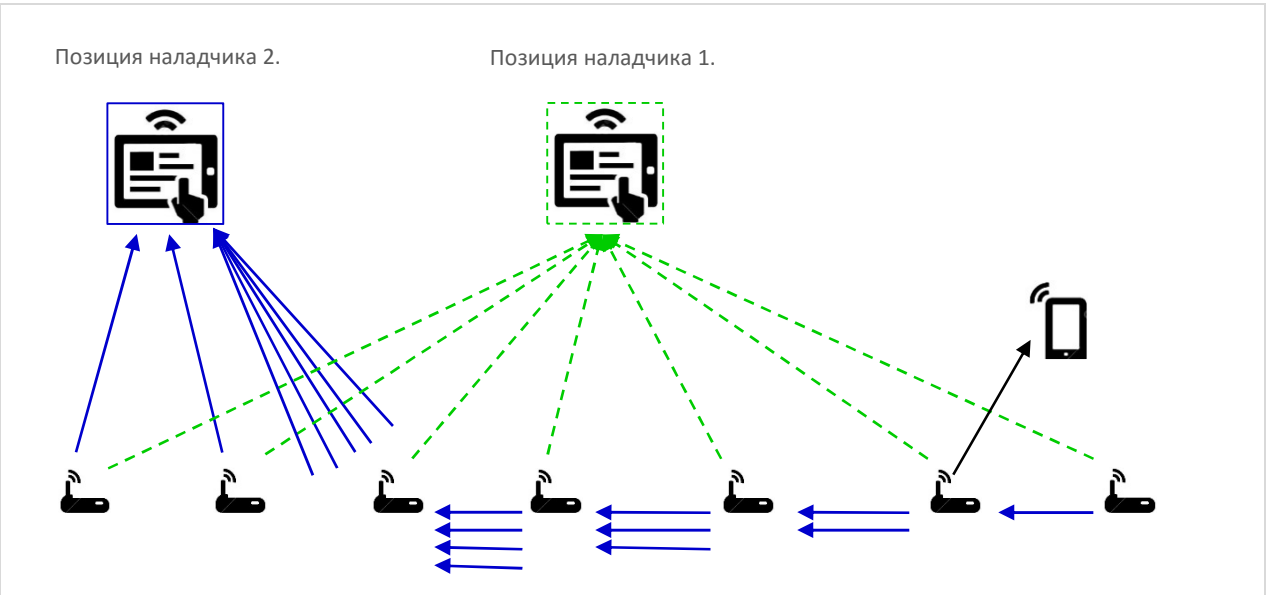


Рис. 17. Прием сигналов в режиме прямой трансляции (поз. 1) и ретрансляции (поз. 2).

c) Прием сигналов в режиме ретрансляции (рис. 18). В этом режиме (позиция наладчика 3), все или большинство приборов работают в режиме ретрансляции. Например, приборы расположены на этажах высотного здания, а наладчик находится в подвале.

Связь прибора с телефоном производится вне зависимости от режима передачи данных.

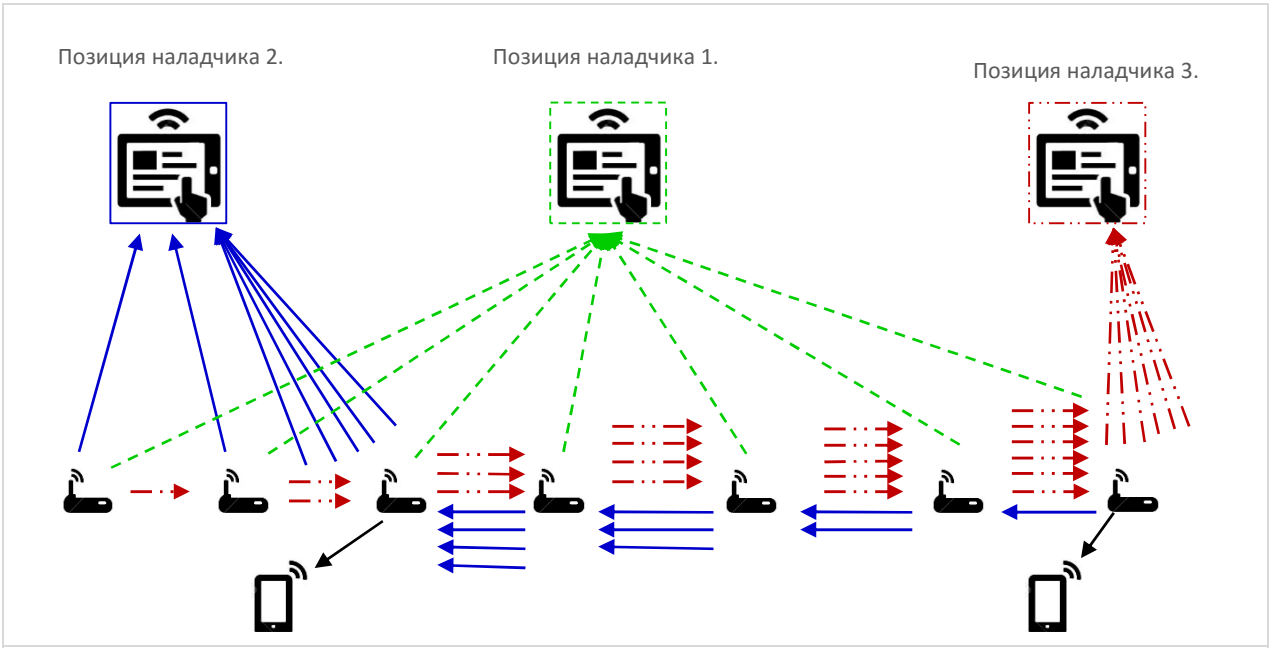


Рис. 18. Прием сигналов режиме ретрансляции (поз. 3)

Переключение режимов трансляции и ретрансляции должно происходить в автоматическом режиме.

Приборы могут работать как регистраторы. Настройка, запуск и остановка регистрации данных производится с помощью основной программы. Без компьютера, данные сохраняются во внутренней памяти прибора в автономном режиме.

14. Методики измерений.

Любая из методик измерения имеет свои преимущества и недостатки. Универсальных методик нет. В системе ОПС используется два основных метода, которые способны перекрыть весь основной диапазон измерений.

a) Первый и главный – это метод перепада давления. Динамическая скорость, к-фактор, с-фактор (инновация ОПС).

При измерении динамического давления (скорости) воздуха в воздуховодах, нижний предел скорости ограничивается точностью датчика давления. Например, если датчик позволяет достаточно точно регистрировать давление p = 1 Па, то невозможно измерить скорости потока меньше V = 1,29 м/с (смотреть Р НОСТРОЙ 2.15.3-2011 пункт 8.7.11).

b) В случаях, когда требуется определять меньшие скорости потока воздуха в системе ОПС, используются термоанемометры с диапазоном измерения от 0,05 м/с.

Методики измерений ОПС должны соответствовать требованиям стандартов LVS EN 12599:2013, LVS ISO 10780, а также «Рекомендации по испытанию и наладке систем вентиляции и кондиционирования воздуха Р НОСТРОЙ 2.15.3-2011».

15. Дизайн.

15.1. Рабочее окно программы.

15.1.1. Основные принципы.

15.1.1.1. Главная информация на экране – это изображение с планом или схемой, подложка с результатами измерений. Интерфейс программы должен быть построен таким образом, чтобы максимально освободить рабочее изображение от второстепенного и ненужного пользователю в данный момент информации. И в то же время, на экране должна отображаться информация, которая может повлиять на точность измерения или правильность его интерпретации. Например, отображать уровень приёма сигнала у каждой точки – это перенасыщение информацией и в этом нет необходимости. Если все хорошо, незачем на это отвлекать внимание. Однако, как только уровень сигнала становится слишком слабым, нестабильным или вовсе пропадает, программа немедленно должна предупредить об этом пользователя, так как от этого зависит качество и точность работы.

15.1.1.2. Работа с экраном должна осуществляться как при помощи мыши, так и через сенсорный экран.

15.1.1.3. Должна быть предусмотрена возможность изменять размер или скрывать вспомогательные окна (информация о сенсорах, вспомогательные таблицы и т.д.). Скрытые окна легко выводятся из скрытого режима, например, наведением мыши или движением пальца по краю экрана.

15.1.1.4. Текст и иконки. По мере возможности информацию отображать в виде текста. Использование иконок допустимо в тех случаях если:

15.1.1.4.1. Это распространённые обозначения, использующиеся в других популярных приложениях и пользователь с ними знаком;

15.1.1.4.2. Она применяется к функции с которой ползователь будет работать часто (например, создать новую точку замера);

15.1.1.4.3. Иначе невозможно наглядно разместить информацию.

15.2. Оформление интерфейса программы и иконок - 2D. Использование 3D, теней, выпуклых структур и т.д. - недопустимо.

15.3. Название иконок должны дублироваться текстом.

15.4. Цветовое оформление.

15.4.1. Максимальное количество цветов на одном экране – 3. Допускается использование полутонов.

15.4.2. Каждому цвету или оттенку присваивается логическое значение. Логика отображения цветовой информации должна соблюдаться во всей архитектуре программы. Если что-то окрашивается в цвет, для этого должна быть причина и, если где-то в программе появляется та же причина, она принимает тот-же цвет.

15.4.3. Интерфейс программы разработать в двух цветовых решениях:

15.4.3.1. Светлый. Удобный для восприятия и работы в основное время.

15.4.3.2. Темный. Монохромный. Энергосберегающий. Для более длительной работы от батареи.

15.5. Размещение информации расположить по логическим группам. Повтор, дублирование информации допустимо, если это облегчает пользователя работу и ориентацию в меню или позволяет легче перемещаться между разделами программы.

15.6. Количество используемых шрифтов – один.

15.7. Применение ярких, контрастных и чрезмерно насыщенных цветов недопустимо.

15.8. Украшение интерфейса элементами не несущими смысловой нагрузки – недопустимо.

15.9. Важность информации отображается насыщенностью цвета. Например, текст, на который необходимо обратить внимание пользователя может иметь черный цвет, менее важный темно серый, второстепенный светло серый.

15.10. Информация в окнах программы, по степени важности располагается слева – направо, сверху-вниз. То-есть главная информация находится в верхней левой части окна, второстепенная в нижней-правой. Данный принцип должен сочетаться с удобством пользования планшетом. Например, если пользователь правша, то наиболее часто используемые кнопки расположены под пальцами правой руки.

15.11. Если оформление дизайна соответствуют решениям Артемия Лебедева[4], значит оно соответствует техническому заданию ОПС.

[4] http://www.artlebedev.ru/kovodstvo/sections/